

Aus der Chirurgischen Klinik der Universität Erlangen
Vorstand: Prof. Dr. Goetze

Über Scheinheilung bei Unterschenkelfracturen

aus dem Material der Chirurgischen Klinik der Universität Erlangen
aus den Jahren 1933—1937

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen medizinischen Fakultät der
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen

vorgelegt von

Rolf Pauli
aus Nürnberg

Tag der mündlichen Prüfung 12. Mai 1939.

Druck von A. Roßteutscher in Coburg

Aus der Chirurgischen Klinik der Universität Erlangen
Vorstand: Prof. Dr. Goetze

Über Scheinheilung bei Unterschenkelfracturen

aus dem Material der Chirurgischen Klinik der Universität Erlangen
aus den Jahren 1933—1937

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen medizinischen Fakultät der
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen

vorgelegt von

Rolf Pauli
aus Nürnberg

Tag der mündlichen Prüfung 12. Mai 1939.

Druck von A. Roßteutscher in Coburg

Referent:

Dozent Dr. habil. Zschau.



Über die Frage, wann kann man einen Knochenbruch als geheilt ansehen, gibt es verschiedene Ansichten. Je eingehender man sich mit dem Schrifttum befaßt, desto weiter sieht man die Grenzen gesteckt. In den meisten, besonders älteren Lehrbüchern, findet man über die Zeit, die der gebrochene Knochen braucht, um beim Ausbleiben von Störungen belastungsfähig zu werden, Angaben, die unseren heutigen Erfahrungen nicht mehr entsprechen. Während man dort z. B. lesen kann, daß ein Unterschenkelbruch nach 6—8 Wochen fest ist (H. M a t t i), halten wir heute, wie B ö h l e r schon vor 5 Jahren betonte, mindestens 10, manchmal sogar 16—20 Wochen dafür nötig. Und wenn man alte Krankengeschichten studiert, dann gewinnt man den Eindruck, daß die Zeit der Bruchheilung immer länger wurde, je mehr die Technik der Röntgenaufnahme sich verfeinerte.

Früher verließ man sich bei der Beantwortung der Frage, ob der Bruch belastungsfähig sei oder nicht, vor allem auf die klinische Prüfung der Festigkeit und die Röntgenaufnahme diente — mehr konnte man damals kaum von ihr verlangen — mehr oder weniger zur Kontrolle der Stellung der Bruchstücke. Trat dann eine nachträgliche Verschiebung der Fragmente oder eine Callusfraktur ein, so nahm man sie als notwendiges Übel mit einer gewissen Resignation hin. Mit fortschreitender Entwicklung der Aufnahmetechnik lernte man in allen Fällen sekundärer Störungen erkennen, daß im Röntgenbild der Bruchspalt immer noch mehr oder weniger sichtbar und die Callusbildung nur ungenügend vorhanden war.

Im Jahre 1911 hat Fr. K ö n i g im medizinischen Verein in Greifswald Röntgenbilder von einer alten Unterschenkelfraktur vorgezeigt, die ein 47 jähriger Mann 5 Jahre vor der Begutachtung erlitten hatte. Die Berechtigung seiner Klagen war angezweifelt worden. Er trat mit der äußeren Fußkante auf, die Belastung der Tibiaachse machte Beschwerden. Auch war die Belastung der Gegend der Bruchstelle, die übrigens klinisch fest

war, druckempfindlich. Im Röntgenbild hatte periostaler Callus, wenn auch mit Verschiebung die Bruchenden vereinigt, aber innerhalb dieser Schale erschien eine helle, die Bruchenden trennende Schicht. Ein altes, 6 Monate nach der Verletzung, also $4\frac{1}{2}$ Jahre zurück, aufgenommenes Röntgenbild zeigte, daß damals noch das Bild der Pseudarthrose vorgelegen hatte. 5 Jahre nach der Verletzung besteht im Innern noch eine unvollkommene Knochenheilung, die die Schmerzen und das Oedem erklärt. Das Röntgenbild gab der Klage des Patienten eine substantielle Grundlage.

1934 sagt K ö n i g in seiner Arbeit: „Über Scheinheilung als Ursache von Spätschädigungen bei Knochenbrüchen“ im Anschluß an die Schilderung des obigen Falles:

„Damals schon bildete ich mir die Vorstellung, daß es außerordentlich langsam vor sich gehende Prozesse bei der Knochenheilung gibt und diese unter Umständen trotz scheinbarer klinischer Heilung überhaupt nicht zu einer anatomisch vollwertigen Wiederherstellung führen. Durch weitere Erfahrungen besonders auch bei der operativen Chirurgie der Knochenbrüche veranlaßt, habe ich den Begriff der Scheinheilung einer Fractur aufgestellt, der meiner Ansicht nach nicht genügend Beachtung gefunden hat.“

In einem Vortrag auf dem Chirurgiekongreß im Jahre 1930 über „Verhütung örtlich bedingter Pseudarthrosen“ stellte K ö n i g fest, daß unter 120 frischen und verschleppten Knochenbrüchen, welche ihm Indikation zur Osteosynthese gaben, 36 (30 %) starke Zwischenlagerungen ergaben. Bei einem Teil der nicht operierten Fälle mit Zwischenlagerungen erfolgte die Bruchheilung, ein anderer Teil führte wirklich zur typischen Pseudarthrose.

Dazwischen aber liegt der dritte Teil. Hier erfolgt zwar ein scheinbares Festwerden, aber die Knochenheilung ist nur vorgetäuscht, bedingt durch das Liegenbleiben von Weichteilen zwischen den Bruchenden.

Auf Grund dieser Erfahrung bei Operationen an Knochenbrüchen, sowie systematisch durchgeführten Röntgenkontrollen heilender Fracturen in Verbindung mit gewissen klinischen Beobachtungen, kommt König zu dem Schluß, daß bei der Scheinheilung es trotz Callusbildung nur zu einer Verbindung der Bruchenden durch strahlendurchlässige Gewebe kommt. Praktisch kann aber kein Zweifel sein, daß dieser strahlendurchlässige Teil des Callus für die Belastung, für die Festigkeit des Knochens minderwertig ist. Mag er fibrinös sein, mag er aus osteoiden Gewebe bestehen, wie König das einmal bei einer mit heller Bruchlinie verheilten Rippenfractur mikroskopisch feststellen konnte, mag er endlich durch zwischengelagerte Weichteile bedingt sein, in allen Fällen ist dieser Teil der Verbindung gegenüber echter Knochenheilung minderwertig.

Dieses Stadium der Scheinheilung kann, wo es nicht dauernd besteht, eine außerordentlich lange Zeit, jedenfalls mehr als ein Jahr durchlaufen.

Die Knochenregeneration

Vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Lehre von König von der Scheinheilung, ihrem Wesen und ihren Ursachen. Eine Reihe von typischen Fällen aus dem Material an Unterschenkel-fracturen der Erlanger Chirurgischen Universitätsklinik soll die Eigentümlichkeit dieser Abweichung vom normalen Fracturheilungsvorgang darlegen; hierzu erscheint es aber angebracht, zunächst eine kurze Betrachtung über Knochenregeneration vorzuschicken.

Die normale Callusentwicklung entspricht einer knöchernen Überbrückung des Fracturspalt es in einem bestimmten Ausmaß. Das dabei entstehende neue Knochengewebe ist bei der großen Mehrzahl der Fracturen nach einer, durch die Mächtigkeit des Knochens gegebenen Durchschnittszeit voll beanspruchbar und funktionstüchtig. Hierbei wechselt der durchschnittliche Zeitraum mit dem fracturierten Knochen und der Fracturart. Er wird für Unterschenkel-fracturen mit 8—10 Wochen angegeben.

Die Fractur selbst ist die Ursache der Fracturheilung. Den Reiz für die regenerative Knochenbildung liefern Gewebsautolysate, die beim Zugrundegehen des traumatisch geschädigten Periosts-, Knochen- und Markgewebes entstehen. Es gilt hier der von Bier im Jahre 1930 zitierte Satz: „Die Wunde ist die Ursache der Wundheilung“.

Bei der Fracturheilung gehen 3 verschiedene Stadien ineinander über. Sie sind ihrem Wesen nach verschieden und werden benannt nach dem Vorgang, der den Einzelabschnitt entscheidend beeinflusst:

1. Das Stadium der traumatischen Entzündung oder des bindegewebigen, provisorischen Callus.
2. Das Stadium des Knorpel- oder Übergangscallus.
3. Die knöcherne Konsolidation.

Über diese 3 Stadien der Callusentwicklung soll im folgenden von 4 verschiedenen Beobachtungspunkten aus gesprochen werden.

1. Die 3 Stadien der Callusentwicklung in pathologisch-anatomischer Hinsicht.

Wir können es heute als festen Besitz unserer Erkenntnis ansehen, daß der Callus nicht aus der Spezifität eines der Knochengewebe entsteht. Zwar steht die Substanz des Knochens mit den eigentlichen Knochenzellen bei der aktiven Arbeit der Knochenregeneration abseits; im übrigen aber nimmt sowohl das Periost, wie das Mark und auch im geringeren Maße die mit Osteoblasten ausgekleideten Haver'schen Kanäle, wie schließlich an letzter Stelle die Umgebung der Bruchstelle am Aufbau der Heilung teil.

Der Callus beginnt als flüssiges Exsudat, als succus ossificans, der Galen schon bekannt war. In diesen hinein erfolgt die Absonderung einer Intercellularsubstanz, durch die aus der Nachbarschaft einwandernden Bindegewebszellen. Zunächst fangen die fixen Zellen der innersten Periostschicht, also der Cambiumschicht an zu wuchern, etwas später folgen die des Endosts in Form von spindeligen Fibroblasten. Dieses neue Keimgewebe verbindet vorerst allein die Bruchenden. — Wir haben den provisorischen oder Bindegewebscallus vor uns.

Sehr schnell wandeln sich die Fibroblasten in chondroide, eventuell sogar echte knorpelige Zellverbände um. Zu gleicher Zeit werden in der Interzellulärsubstanz Kalksalze eingelagert. Die ersten Umwandlungsprozesse des gewucherten Bindegewebes beginnen am weitesten entfernt von der Bruchstelle; der Bruchspalt wird also zunächst noch durch gewucherte Bindegewebszellen überbrückt und erst später von chondroidem Gewebe ausgefüllt. — Das 2. Stadium des Knorpel- oder Übergangscallus ist nunmehr erreicht.

Das Stadium des knöchernen oder endgültigen Callus entspricht dem der Konsolidation: Vom Periost und Mark aus dringen Kapillaren in die chondroide bzw. knorpelige Substanz ein und lösen deren Zellen auf. Die so entstehenden Hohlräume stellen die primären Markräume dar. Die Kapillarschlingen bringen die Zellen mit, die sich vom Endothel und von der Adventitia abspalten und zunächst als Osteoblasten das osteoide Gewebe aufbauen, das nunmehr das chondroide ersetzt und später entsprechend seiner funktionellen Anpassung durch Umlagerung zu Knochen wird. Der Prozeß der knöchernen Umwandlung des Bindegewebes schreitet solange fort, bis beide Bruchenden vollkommen knöchern verbunden sind. Ist der konsolidierte Knochen erst einige Zeit wie früher beansprucht worden, so ist der im Beginn der Konsolidation reichlich vorhandene Callus soweit ab- und umgebaut, daß die Kompakta und die anfänglich indifferent erscheinende Spongiosa nach den Gesetzen der Beanspruchung durch Zug, Druck und Biegung strukturiert worden sind.

Zu dem Bilde der Bruchheilung gehören aber neben der Callusentwicklung als ein sehr wesentlicher Bestandteil auch *Abbauvorgänge*. Sie treten so gut wie immer im Verlauf der Fracturheilung auf und spielen sich sowohl an den Bruchenden, wie auch subperiostal ab. Dieser Abbau an der Corticalis stellt sich im histologischen Bild als ein Schwinden der Kernfärbbarkeit der Knochensubstanz dar mit scholligem Zerfall, teils mehr fleckförmig, teils mehr streifenförmig unter dem Periost und Endost; später kommen resorptive Vorgänge hinzu, dadurch,

daß Gefäße in den nekrotischen Knochen eindringen und daß daneben Osteoblasten am Corticalisrand in Lakunen sichtbar werden.

Von diesem als Normaltyp der Knochenbruchheilung anzusehenden Vorgang kennen wir Abweichungen, zu denen wir außer der verzögerten Callusbildung und der Pseudarthrose auch die Scheinheilung rechnen müssen.

Goetze und Brackertz haben in ihrer Arbeit: „Über die histologischen Unterschiede der subcutanen und operativen Fracturheilung“ die histologischen Abweichungen vom normalen Fracturheilungsvorgang dargestellt. Darnach besteht das Wesen der verzögerten Konsolidation in einer Verzögerung der Metaplasie des primär entstehenden Fibroblastenkeimgewebes in osteoiden und chondroiden provisorischen Callus, sodaß zunächst nur lange Zeit uncharakteristisches Bindegewebe allein den Fracturspalt überbrückt; dieses differenziert sich erst in späteren Wochen langsam von beiden Fracturenden aus in chondroides und osteoides Gewebe um. Parallel damit geht so gut wie immer, jedoch nicht gesetzmäßig, ein dem normalen Fracturheilungsvorgang gegenüber verstärkter Abbau. Ein weiterer histologischer Unterschied der subcutan heilenden und operierten Fractur ist auch an der Menge der neugebildeten Blutgefäße erkennbar. Sie ist in operativen Fällen regelmäßig geringer.

2. Die 3 Stadien der Callusentwicklung in physikalisch-chemischer Hinsicht.

Die Gewalt, die zur plötzlichen Kontinuitätstrennung des Knochens führt, läßt auch ein zunächst flüssiges Fracturhämatom den Bruchspalt und die umgebenden Gewebsräume ausfüllen. Jedoch wird aus den zertrümmerten Gewebsmassen sehr bald reichlich Thrombokinasen frei, die aktiviert schließlich durch Fibrinniederschlag die Gerinnung des Hämatoms verursacht.

Die durch das Trauma geschädigten Zellen aus Knochen, Weichteilen, Mark und Blut gehen zugrunde. Ihre Zerfallsprodukte bilden den physiologisch adäquaten Reiz für die regenerative Knochenneubildung und stellen wohl auch einen Teil der

Stoffe für den Bau dar. Ebenso wichtig ist der Bluterguß. Verschiedene Grade des Blutergusses können nützlich oder schädlich sein. Dieselbe Ursache kann zur entgegengesetzten Wirkung führen, sobald die Dosierung sich ändert. L e x e r sieht einen zu großen Bluterguß als nicht erwünscht an. Er kann tatsächlich unresorbiert bleiben und geht alsdann in die Form eines dickflüssigen Breies über, in dessen Bereich der provisorische Callus ausbleibt. Er pflegt ihn daher durch Punktion zu entfernen, wenn er durch Fluctuation nachweisbar ist. Es ist auch nicht zu bezweifeln, daß das Ausräumen des Blutergusses bei der Osteosynthese neben sonstigen Störungen des Heilungsvorganges (G o e t z e und B r a c k e r t z) einen unvermeidbaren Nachteil, eine Schädigung der Bruchheilung und eine Verzögerung der Konsolidation bedeuten kann. Auch bei der offenen Fractur wird das Abfließen des Blutergusses eine Rolle spielen.

Eine immer vorhandene Schwellung am Bruchort entsteht sowohl durch das Hämatom, wie durch Exsudation aus den hyperämischen Gefäßen des Randgebietes. Die zum Teil aus rein mechanischen Ursachen entstehende Hyperämie und Stauung läßt eine Anhäufung von Kohlensäure zu und bedingt damit eine lokale Acidität. Diese trägt ihrerseits zur Erweiterung der Gefäße bei. Die erhöhte H-Ionenkonzentration macht gleichzeitig eine Veränderung der Kapillarwände im Sinne einer Kolloidauflockerung und damit erhöhte Durchlässigkeit. Es entsteht das Exsudat.

Durch die Zunahme der lokalen H-Ionenkonzentration und CO_2 -Spannung wird unter anderem aus dem Knochen der Umgebung Kalk gelöst. Normalerweise bildet sich jetzt die lokale Acidität zurück und dann werden im regenerativem Stadium die Kalksalze wieder ausgefällt. Es zeigt sich ein Aciditätsunterschied des frischen Callusgewebes gegenüber dem bereits in Ossification befindlichem Callus, der immer alkalischer reagiert.

Tritt die Rückbildung der lokalen Acidität durch irgendwelche Störungen nicht ein oder besteht eine Änderung der allgemeinen Stoffwechsellage im Sinne einer Acidose, so werden die Kalksalze nicht ausgefällt. Dies kommt vor bei fast allen

primär offenen und bei operativ freigelegten Fracturen, bei eintretender Infektion an der Bruchstelle oder in der Nachbarschaft derselben, bei alten Blutergüssen, Schwangerschaft (Acidose), sowie bei Störungen der Blutzirkulation. Auf letztere weist besonders E. R. Heydemann hin im Zusammenhang zwischen besonders großer Schwellung am Fracturort und nachfolgender starker Atrophie. Diese tritt bei Extremitätenfracturen oft im ganzen distalen Abschnitt auf und ist besonders früh und deutlich am Übergangsgebiet zwischen Dia- und Metaphyse zu konstatieren.

Mit der Erwähnung der Atrophie bei starker Schwellung des frischen Bruches ist die Fracturheilung zu physikalisch-chemischen Vorgängen im 2. Stadium übergegangen. Von der 2. Woche an nimmt die Anlagerung von Kalksalzen, Carbonaten und Phosphaten in dem zu Knochen sich undifferenzierenden jugendlichen Gewebe dauernd zu.

Wenn im Beginn der Konsolidation schon funktionell statische Kräfte auf den Callus wirken, gestalten sie ihn jetzt schon in seiner Form, Anlage und Struktur, wobei nicht so sehr der früheren Gestalt gleiche, als funktionstüchtige Formen produziert werden. Können diese Kräfte erst auf den schon konsolidierten Knochen wirken, so strukturiert sich der, bis auf die kompakteren Randpartien, indifferent spongiöse Callus jetzt erst bleibend. Dieser abschließende Umbau tritt praktisch ein bei funktioneller Beanspruchung. Bei frühzeitiger Beanspruchung lassen schon im Stadium der osteoiden Spongiosabildung die Knochenbälkchen längsverlaufende Hauptrichtungen erkennen (Druckbälkchen), die von quer zu diesen verlaufende Bälkchen gekreuzt werden (Zugbälkchen).

Diese trajectoriellen Bälkchen verlaufen in der Richtung der maximalen statischen Beanspruchung. Funktionell statische Kräfte sind somit ein wichtiger Bildungsreiz für die frühzeitige strukturelle Gestaltung des Callus. (W e h n e r).

Die der Fracturheilung eigenen physikalisch-chemischen Vorgänge hören demnach nicht plötzlich auf mit dem Augenblick der Konsolidation, sondern wirken zuletzt als Umbau-

prozesse noch eine zeitlang, während der geheilte Knochen schon längst die gewohnte Beanspruchung auf Zug, Druck und Biegsamkeit erträgt.

3. Die 3 Stadien der Callusentwicklung in klinischer Hinsicht.

Sie scharf voneinander zu trennen verlangt den gleichen Vorbehalt, wie bei der Unterteilung der Fracturheilung an sich. Die rein klinische Betrachtungsweise beschränkt sich im allgemeinen auf die Beobachtung der Fragmentbeweglichkeit. Nur an ganz oberflächlich gelegenen Knochen wie am Unterschenkel, wird sich unter Berücksichtigung von Schwellung durch Hämatom und exsudativer Durchtränkung der Gewebe gelegentlich das Maß der Callussubstanz feststellen lassen.

Die Fragmentbeweglichkeit kann nur unter der Beachtung der Beziehung zwischen Grad der Motilität und Zeitraum nach der Fractur als leidliches Maß der Callusentwicklung angesehen werden und ist immer mit Vorsicht zu bewerten, wie uns gerade die Fälle von Scheinheilungen beweisen.

Außer den mit anderen Verletzungen gemeinsamen Symptomen Schmerz, Bluterguß und Funktionsbehinderung sind die der Fractur eigenen Symptome: Dislokation, Deformität und abnorme Beweglichkeit während des Stadiums des provisorischen Callus auslösbar; denn während dieser Zeit des bindegewebigen Callus überbrückt nur jugendliches Keimgewebe den Bruchspalt.

Die regenerative Knochenneubildung zeigt als Primat die Umwandlung des jugendlichen Keimgewebes in chondroides und osteoides Gewebe. Dieses und der gleichzeitig entstandene geflechtartige Knochen sind einer abnormen Beweglichkeit der Fragmente zwar hinderlich, die Fracturstelle ist aber deshalb noch nicht fest. Das Stadium setzt ein in der 2. Woche nach dem Fracturereignis. Es hält, je nach Größe und Dicke des gebrochenen Knochens, bis zu vielen Wochen an.

Der endgültige Callus präsentiert sich durch die Konsolidation, die abnorme Beweglichkeit ist völlig beseitigt, der Knochen ist wieder voll auf Druck, Zug und Biegung beanspruchbar.

4. Die 3 Stadien der Callusentwicklung in röntgenologischer Hinsicht.

Die Phase der Bindegewebs- und reinen Keimgewebsüberbrückung des Bruchspaltes läßt sich röntgenologisch nicht darstellen.

Erst mit dem Beginn der Kalksalzeinlagerung im 2. Stadium läßt sich die Callusbildung auf dem Röntgenbild erfassen. Es gilt im allgemeinen der Satz, daß je jünger der Knochen ist, desto früher es zur Ablagerung von Kalk im Callus kommt. Am noch wachsenden Röhrenknochen sieht man den Callus im Röntgenbild schon in der 3. Woche nach der Verletzung (G r a s h a y).

Der erste im Röntgenbild sichtbare Callus präsentiert sich als unregelmäßige (amorphe) Wölkchen, welche besonders den Kanten der Fracturfragmente aufsitzen, die von Periost umgeben sind; Fragmentspitzen, welche das Periost durchspießt haben, bleiben von Callus frei. Das periostfreie Knochengewebe produziert keinen periostalen Callus.

In dem Maße, wie der Heilungsprozeß fortschreitet, werden die Calluswölkchen immer dichter, heller. Der Callus ist am freien Rand am dichtesten. Dieser Befund spricht dafür, daß das Periost Ausgangspunkt des Callus ist. Denn naturgemäß wird die größte Dichte zunächst dort vorhanden sein, wo der Callus seinen Ursprung hat (S c h l o t h e i m). Es findet eine gewisse Callusbildung auch vom Mark aus statt. Dem Röntgenbild nach gebührt aber dem Periost der Hauptanteil an der Callusbildung.

Der Callus füllt nun den Raum zwischen den Knochenfragmenten aus. Seine Abgrenzung den Weichteilen gegenüber wird immer schärfer. In diesem Stadium könnte einem oberflächlichen Beobachter die Fractur als genügend konsolidiert und funktionstüchtig erscheinen. Die Heilung der Fractur kann aber noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden. Wir können eine Fractur erst dann als funktionell geheilt betrachten, wenn ihr Callus im Röntgenbilde die auf Grund anatomischer und histologischer Untersuchungen zu erwartende Struktur als Beweis der stattgefundenen Transformation zur definitiven funktionstüchtigen Knochennarbe zeigt. In allen Stadien der Callus-

bildung, die wir bis jetzt beurteilt haben, ist uns der Callus als amorphe, strukturlose Masse erschienen. Erst jetzt im letzten Stadium der definitiven funktionstüchtigen Ausheilung zeigt er Differenzierung von Kompakta, Spongiosa und einen Aufbau aus einem System von Knochenbälkchen, welche nicht regellos liegen, sondern Kraftlinien gleichen, die über den Bruch hinweggehen. Wir können also in dieser Kraftlinienzeichnung das röntgenologische Kennzeichen für die Festigkeit und Belastungsfähigkeit einer Fractur erblicken. Auf Grund von klinischen Beobachtungen können wir diese Ansicht noch erweitern und sagen: Wenn der Callus im Röntgenbild Struktur zeigt, die als Kraftlinienzeichnung regelmäßig geordnet ist, dann ist er auch dann belastungsfähig, wenn er den Bruchspalt nur zum kleinen Teil überbrückt; dagegen hält selbst massiver, den Bruchspalt umgebender Callus auch geringe Belastung dann nicht aus, wenn bei klinisch festem Bruch die Bälkchenzeichnung unregelmäßig und nicht in Kraftlinien geordnet ist. Wir wissen heute, daß im fertigen Knochen die Spongiosastruktur auf das genaueste den Gesetzen angepaßt ist, die in der Technik für den Brückenbau u. s. w. gelten, wenn die Aufgabe gestellt ist, mit möglichster Materialersparnis und bei geringstem Eigengewicht größte Festigkeit zu erzielen. Es ist wohl berechtigt, anzunehmen, daß auch der Aufbau des Callus derartigen Gesetzen folgt.

Das Stadium des strukturierten Callus wird nach verschiedenen langer Zeit erreicht. Während manche Fracturen nach 8—10 Wochen oder früher als geheilt erscheinen, lassen andere auch nach 10 Monaten noch keinen funktionstüchtigen Callus erkennen.

Es bereitet relativ wenig Schwierigkeiten, den Grad der Heilung einer Fractur zu erkennen, wenn keine Komplikation hinzutritt. Die Infektion der Fracturstelle dagegen modifiziert den klinischen Verlauf und die Röntgenbilder.

Die Vereiterung der Bruchstelle lähmt die Callusbildung. Der Callus, welchen man an solchen Stellen im Röntgenbild sieht, ist spärlich und wenig breit ausgebildet. Einzelne Knochen-splitter zeigen keinen Callus und werden zu losen Sequestern.

Wenn viele Knochensplitter sequestrieren, so entstehen lange Knochendefekte, es kommt nur zu einer teilweisen Überbrückung derselben oder der Bruchspalt bleibt unüberbrückt (Defektpseudoarthrose). Wird aber eine Callusbrücke geschaffen, so durchläuft sie die Callusstadien mit großer Verzögerung.

Will man das Bild der Knochenregeneration, wie es sich uns im Röntgenbild darstellt, vervollständigen, so müssen noch die Abbauvorgänge, wie sie sich an den Fracturenden abspielen, erwähnt werden. Nach G o e t z e müssen wir unter dem Sammelbegriff „Abbau“ verschiedenartige Vorgänge unterscheiden: Manchmal, speziell bei haargenau reponierten und fixierten Fracturen (Osteosynthesen) sieht man im Röntgenbild an dem nachträglich weiter werdenden Spalt den Abbau einer schmalen Knochenzone unmittelbar an der Oberfläche der Knochenwunde. Häufig findet sich die besonders von K ö n i g beschriebene, röntgenologisch sichtbare viel breiter und unregelmäßiger begrenzte Aufhellung der Fragmentenden, die wohl hauptsächlich auf eine Decalcination zurückzuführen ist. Histologisch haben wir die primär traumatische Nekrose der Knochenzellen von der sekundären anämischen Nekrose durch Gefäßverletzungen zu unterscheiden; in dem Bereich der letzteren kommt es nicht oder nicht in dem gleichen Maße zur Kalkverarmung. Ähnlich wie bei osteomyelitischen Sequestern müssen wir in der gestörten Gefäßversorgung die Ursache für den ausbleibenden Abtransport der Kalksalze suchen. Es entstehen unter solchen Umständen an tiefersitzenden Tibiafracturen manchmal erbsen- bis bohnen-große kalkdichtere Bezirke am Bruchende, deren Kalkgehalt stärker bleibt, als der der übrigen lebenden Knochenteile. Sie sehen somit fast aus wie Sequester, werden aber nicht von der Umgebung gelöst. Sie geben aber wohl stets Anlaß zur verzögerten Konsolidation.

Die ursächlichen Momente der Scheinheilung.

Wir haben eingangs die Scheinheilung als einen sehr langsam vor sich gehenden Prozeß bei der Knochenbruchheilung bezeichnet, der trotz scheinbarer klinischer Heilung überhaupt nicht zu einer anatomisch vollwertigen Wiederherstellung führt. Röntgenologisch bleibt der Bruchspalt noch lange Zeit sichtbar, da er von fibrösen, osteoidem Gewebe oder zwischengelagerten Weichteilen überbrückt wird. Diese strahlendurchlässigen Teile des Callus sind für die funktionelle Beanspruchung der Fractur wertlos und sind anatomisch minderwertig. Die notwendige Einlagerung von Kalksalzen oder die Kraftlinienzeichnung, die die Voraussetzung für die Belastung einer Fractur ist, wird vermißt. Es erhebt sich nun die Frage, welche Umstände zu einer derartigen Störung der Callusbildung, des Calluswachstums und der Callusvereinigung im Sinne einer Scheinheilung führen. Die Verschiedenheit und Mannigfaltigkeit der für die Entstehung der Scheinheilung ätiologischen Momente bedingen die Notwendigkeit zurückhaltender und vorsichtiger Bewertung. Wir sind noch weit entfernt, die eigentlichen Ursachen der gestörten Callusbildung erfaßt zu haben und es ist oft schwer, im Einzelfalle die verschiedenen Momente objektiv herauszuarbeiten, da meist mehrere Ursachen ineinandergreifen. Wir wissen aber, daß sie meist örtlich bedingter Natur sind.

Auf die örtlichen Störungen der Callusbildungen, wie sie durch die Infektion und durch die offene Verbindung des Bruchbereiches mit der Außenwelt entstehen, wurde schon im Zusammenhang mit dem histologischen Bild der operativen Knochenbruchheilung hingewiesen. Auch über die Bedeutung des Fracturhämatoms wurde im Zusammenhang mit der chemischen Seite der Callusbildung gesprochen.

König hat in seiner Arbeit: „Über die Verhütung örtlich bedingter Pseudarthrosen durch rationelle Osteosynthese“, ausgeführt, daß es bei der Zwischenlagerung von Weichteilen je nach Intensität, neben normaler Heilung unter Aufsaugung derselben und neben der Pseudarthrose, auch zu einer Einheilung mit Bestehenbleiben einer Weichteilmasse, zu einer Scheinheilung kommen kann. In den Fällen, die er beobachten konnte, hatte

sich ein mantelartiger Callus gebildet, der die Bruchenden in der Peripherie vereinigte, während der Bruchspalt im Querschnitt erhalten blieb. Doch sind unserer Ansicht nach diese Fälle insofern von geringer Bedeutung, als der Mantelcallus bei vorsichtiger Belastung gewöhnlich ausreichend ist. Außerdem pflegt im Laufe der Zeit doch knöcherne Vereinigung des Querschnittes einzutreten. Immerhin ist bei derartigen Bruchheilungen Vorsicht nötig. Es sei noch hinzugefügt, daß der Verletzte, bei dem der Bruchspalt lange Zeit offen bleibt, manchmal über Ziehen und Schmerzen an der Bruchstelle klagt, die erst aufhören, nachdem allmählich vollständige Verknöcherung an der Bruchstelle eingetreten ist.

Eine wichtige Rolle scheint bei der Entstehung der Scheinheilung das Periost zu spielen. Durch das *Losreißen des Periosts* bei der subcutanen Fractur und in noch ausgehnterem Maße durch mechanische Ablösung bei der Osteosynthese vom erwachsenen menschlichen Röhrenknochen bleiben die allein wucherungsfähigen Zellen der Cambiumschicht teils am Knochen, teils an der Adventitia hängen. Sie müssen sich erst regenerieren, ehe sie Callus bilden. Dadurch entsteht eine verzögerte Konsolidation. Diese kann sich mit zunehmender Störung der Ernährung des Periosts, die vom Zusammenhang mit den umgehenden Weichteilen abhängig ist, bis zur Pseudarthrose steigern, weil alsdann das unspezifische, nicht ossificationsfähige Bindegewebe aus der Nachbarschaft mehr und mehr Zeit gewinnt, sich von außen zwischen die ostoiden und chondroiden Fragmentcallen einzuschieben und deren Vereinigung zu verhindern. Es resultiert ein Spalt im Callus (*Goetze*). Andererseits muß betont werden, daß ausnahmsweise das Bindegewebe sich in hohem Maße an der Knochenneubildung beteiligen kann, wenn seine Regenerationstätigkeit durch Quetschungen und Zerreißen erweckt ist.

Als unentbehrliche Grundlage der Fracturheilung bezeichnet *Lexer* die primäre und posttraumatische Gefäßversorgung der Fragmente. Wo beispielsweise im Tierversuch die Periost- und Markgefäße durch Ablösen der Weichteile von der Knochenhaut und durch Zerstörung des Stammes der *A. nutricia* aus-

geschaltet sind, unterbleibt bei einem nachträglichen Knochenbruch die Callusbildung oder ist zumindest verzögert. Es kann kein Zweifel sein, daß eine ungestörte Gefäßneubildung von den Gefäßen des Periosts und der *A. nutricia* aus, wie sie der *Lex er*'schen Bruchhyperämie entspricht, der schnellen und ungestörten Entwicklung des chondroiden und osteoiden Callusgewebes nur förderlich sein kann.

Auf der gleichen Linie bewegt sich *B ö h l e r*, wenn er das gehäufte Vorkommen von verzögerter Heilung und Pseudarthrosen am Unterschenkel bei Brüchen an der Grenze von unterem und mittlerem Drittel mit der mangelnden Umkleidung des Knochens und damit auch die Periosts an dieser Stelle mit Weichteilen erklärt. Das Periost, welches seine ernährenden Gefäße aus den umgebenden Weichteilen erhält, ist eben an dieser Stelle infolge des Fehlens der Weichteile nur mangelhaft mit Gefäßen versorgt. Da nun der Stamm der *A. nutricia* sehr oft zerstört wird und der Markcallus allein bei langen Röhrenknochen wahrscheinlich überhaupt nicht zur Festigkeit einer Fractur ausreicht, bedarf es an dieser Stelle keiner ausgedehnten Ablederung des an sich schlecht ernährten Periosts von der Umgebung, um die Heilung zu verzögern. Das scheint eine experimentell gut begründete Erklärung für die Tatsache zu sein, daß wir verzögerte Heilung, und gerade auch Scheinheilungen bei reinen Querbrüchen an der erwähnten Stelle des Unterschenkels auch ohne bedeutende Schädigung der Umgebung finden. *B ö h l e r* stützt seine Ausführungen zudem auf Serien von Röntgenbildern von Unterschenkelfracturen, an denen er sah, daß die Callusbildung gewöhnlich nur an der mit Weichteilen gut bedeckten lateralen und hinteren Seite der Tibia vor sich ging. Während vorne medial Knochenabbau stattfand.

M a g n u s glaubt, daß die kleinen kaum wahrnehmbaren Bewegungen geeignet sind, den Heilungsvorgang immer wieder zu stören. *Lex er*, der die mechanischen Störungen für sehr wichtig hält, ist der Überzeugung, daß ein gesunder Callus die Beanspruchung aushält, ein schwacher ernährungsgestörter aber nicht, besonders dann nicht, wenn die Bruchhyperämie ihren Höhepunkt überschritten hat. Diese Kräfte sind imstande, be-

sonders wenn eine starke Verschiebung der Fragmente dem Callus von vornherein eine schwere Aufgabe stellt, die Heilung zu verhindern. Es wird jeder Heilungsversuch im Keime erstickt, jede vorfühlende Kapillarschlinge reißt ab; der Spalt bleibt unüberbrückt, während in der Nachbarschaft sich mächtige Calluskörper entwickeln.

Die Ergebnisse von Tierversuchen bestätigen die klinische Beobachtung, daß eine ungenügende Fixation in der Frühbehandlung den Heilungsvorgang stören. Durch die geringfügigen seitlichen und abscherenden Bewegungen wird das knorpelige Stadium verlängert, das knöcherne verzögert (Payr, Ollier, Ringel). Histologisch wird ein callus luxurians festgestellt. Fernerhin beobachtete P o m m e r die Entstehung nur faserigen Bindegewebes und hyalinen Knorpels, keineswegs aber die Ausbildung von Knochengewebe. Der Callus kann die nicht konsolidierten Fragmente hülsenartig umfassen und das betreffende Glied bis zu einem gewissen Grad tragfähig erhalten. Sicher ist, daß diese Art von Knochenbruchheilung anatomisch minderwertig und als eine Scheinheilung zu bezeichnen ist. Die Erklärung hierfür ist darin zu suchen, daß die feinen Kapillarschlingen durch die Bewegungen immer wieder abreißen und dadurch die Metaplasie des chondroiden Gewebes in das ostoide verzögert wird. R o u x glaubt, daß der trophische Reiz für den Knochen Zug und Druck sei, wogegen die Entstehung von Knorpel durch Reibung, Zerrung und Verschiebung bedingt sei. Röntgenologisch weisen der langsame Verlauf und die Unregelmäßigkeit der Callusbildung auf eine derartige Störung der Callusbildung durch ungenügende Fixation hin. Der gebildete Callus ist stellenweise dünn mit darin verstreuten dichteren Teilchen und bei unzureichender Calcification fast unsichtbar. Die Tendenz ist zwar auf produktive Tätigkeit der Bruchenden gerichtet, jedoch das Festwerden der an Ausdehnung zunehmenden Callusmassen wird nicht gefördert. Der Bruchspalt ist durch eine deutliche Trennungslinie in den Callusmassen angedeutet.

W e h n e r stellte experimentell fest, daß bei Fracturen mit geringer Dislokation für die Heilung wesentlich war, daß der Fracturspalt möglichst frühzeitig von „osteogenem Bildungs-

gewebe“ überbrückt, bezw. ausgefüllt wird. Ist die Regeneration dieses periostalen Gewebes gering, bleibt eine Wucherung an den Bruchenden aus, so entstehen an Stellen, wo die Verschmelzung der osteogenen Gewebe ausbleibt, Spaltbildungen, die ihrerseits die Festigkeit des Callus wesentlich herabsetzen. Es ist denkbar, daß ein solcher Callus bei einem Trauma oder bei stärkerer Beanspruchung des betreffenden Knochens der Einwirkung der Kraft nicht entsprechenden Widerstand leisten kann.

Schließlich wäre an dieser Stelle noch der aus der klinischen Beobachtung mehr und mehr sich aufdrängenden Störungen der periostalen Callusbildung zu gedenken. Daß jede Distraction die Callusbildung und knöcherne Heilung verzögert, ist eine alte Tatsache. Da aber an einer Klinik regelmäßig Röntgenkontrollen durchgeführt werden und man besonders auf das Auftreten einer Diastase der Bruchstücke zu achten gewohnt ist, kommt es kaum je zu einer länger dauernden nennenswerten Distraction.

Um die Zahl der möglichen Ursachen einer Scheinheilung zu vervollständigen, genügt der Hinweis auf die von *Matti* betonten Fracturen mit hochgradiger Dislokation und unzweckmäßiger Belastung.

All diese örtlich bedingten Faktoren, wenn sie vereinzelt oder in ihrer Gesamtheit vorkommen, können die Qualität oder die Quantität des Callus herabsetzen und die Entstehung einer Scheinheilung begünstigen. Von den Störungen der Konsolidation allgemeiner Art sei nur der Einfluß von Alter, Ernährung, innerer Secretion und Allgemein-Erkrankungen auf die Callusbildung erwähnt. Obwohl wir der Ansicht sind, daß sie zwar eine gewisse Rolle bei der Knochenregeneration spielen, darf für die Entstehung der Scheinheilung ihre Bedeutung nicht überschätzt werden.

Die Fälle von Scheinheilungen aus dem Material an Unterschenkelfracturen der Erlanger chirurg. Universitätsklinik aus den Jahren 1936–1937.

Durch ein systematisches Studium von Serien von Röntgenbildern in Verbindung mit gewissen klinischen Beobachtungen wurden aus dem Material der Klinik innerhalb von 5 Jahren 10 charakteristische Fälle von Scheinheilung herausgefunden. Der Krankheitsverlauf und diejenigen Punkte, die für unser Thema von Bedeutung sind, sollen im folgenden kurz dargestellt werden.

Fall 1.

33 jähriger Mann erlitt am 26. 8. 36 eine komplizierte Zertrümmerungsfractur des Tibiaschaftes mit Aussprengung mehrerer Knochensplitter und einen Biegungsbruch in Fibulamitte. Die Behandlung erfolgte durch doppelte Drahtextension durch den Tibiakopf und Calcaneus mit anschließendem Gipsverband. Es zeigte sich von vorneherein eine geringe Tendenz zur Knochenneubildung. Trotzdem schien der Bruch bereits nach 2 Monaten klinisch fest zu sein. Das Röntgenbild zeigte aber nur geringe Callusbildung, die durchaus nicht zur Belastung des Bruches genügte. Die Spalten und Lücken waren noch fast unverändert sichtbar. Weitere 4 Monate später waren sie nur zum Teil durch Callus überbrückt, zum Teil noch deutlich erkennbar. Auch die klinischen Erscheinungen waren noch im März 37, also 7 Monate nach dem Unfall, so schwer, daß 70% Erwerbsunfähigkeit zugebilligt wurde. Bei der Nachuntersuchung am 20. 9. 37 war der Bruchspalt eben noch erkennbar; es wurde knöcherne Verheilung des Bruches konstatiert.

Der Patient machte somit eine Scheinheilung von fast einem Jahr durch, die ihre Erklärung in der Schwere der Zertrümmerung und in der offenen Verbindung der Bruchstelle mit der Außenwelt findet.

Fall 2.

49 jähriger Mann erlitt am 17. 9. 34 durch Sturz mit dem Motorrad einen komplizierten Zertrümmerungsbruch der Tibia und Fibula an der Grenze zwischen mittlerem und unterem

Drittel. Die Wunde heilte per primam intentionem, sodaß der Bruch bereits am 25. 11. 34, also 10 Wochen nach dem Unfall, klinisch vollkommen fest erschien. Im Röntgenbild ließ sich aber nur ganz geringe Knochenneubildung nachweisen. Die Bruchspalten waren noch deutlich erkennbar; man mußte also in diesem Falle eine verzögerte Konsolidation im Sinne einer Scheinheilung annehmen. Erst am 21. 3. 35 konnte bei einer Nachuntersuchung geringe periostale Callusbildung festgestellt werden. Jedoch zeigten sich auch hier die einzelnen Bruchlinien noch deutlich durchgängig. Die Fractur war jetzt leidlich belastungsfähig, obwohl funktionell und anatomisch immer noch keine ideale Heilung erzielt worden war. Dem Patienten, der immer noch über starke Schmerzen an der Bruchstelle klagte, wurde 40 % „Erwerbsbeschränkung auf Lebzeiten“ zuerkannt, da eine wesentliche Konsolidation nicht mehr zu erwarten war nach dem, was der bisherige Heilungsverlauf gezeigt hatte. Diese Annahme wurde auch durch eine Aufnahme am 1. 12. 27, also 3 Jahre nach dem Unfall, bestätigt, auf der sich der Bruchspalt in der Mitte noch immer klaffend zeigte. Die Markhöhle war unterbrochen und die Corticalis hatte nur teilweise sich wiederhergestellt. Immerhin muß man mit dem Enderfolg in Anbetracht der Schwere des Bruches zufrieden sein.

Nach dem Röntgenbild möchte man eine Weichteilinterposition annehmen, bei der es nicht zu einer völligen Aufsaugung derselben gekommen war. Es hatte eine Einheilung stattgefunden und ein periostaler Callusmantel sich ausgebildet. Wenn die vollkommene resitutio ad integrum auch nicht erreicht worden war, so war immerhin die Belastungsfähigkeit eine ausreichende geworden.

F a l l 3.

41 jähriger Mann erlitt am 26. 7. 37 eine Zertrümmerungsfractur der Tibia im mittleren Drittel und eine 3 cm lange, schräg über das Schienbein verlaufende Wunde, in deren Tiefe die Tibia sichtbar war. Da die Heilung ohne Infektion verlief, konnte der Patient nach 16 Tagen vorübergehend mit Gipsverband aus der Klinik entlassen werden. Bei der Kontrolle am 31. 8. 38 zeigte sich eine gute Callusbildung, die jedoch noch keinerlei Kraftlinienzeichnung erkennen ließ; Knochenabbau war deutlich als subperiostaler Streifen und fleckige Verschattung der Corticalis

sichtbar. Am 23. 10. 37, also insgesamt 13 Wochen nach dem Unfall, war der Bruch klinisch fest. Bei der Nachuntersuchung, 14 Tage später, ergab sich aber, daß der schon bei der Entlassung vorhanden gewesene X-Beinknick sich noch etwas verstärkt hatte. Die Callusbildung war reichlich, wie man schon von außen an der Bruchstelle fühlte. Der Bruchspalt war aber in seiner ganzen Ausdehnung als heller, von Callus nicht überbrückte Linie sichtbar. Der Kranke klagte noch über Schmerzen im ganzen Unterschenkel, sein Gang ohne Stock war hinkend; es wurde vorwiegend die Fußsohlenkante belastet und das Kniegelenk weitgehend steifgehalten. Die Schienbeinkante war noch druckempfindlich. Die Klagen des Patienten mußten als berechtigt anerkannt werden, da die Heilung des Bruches nach dem Röntgenbild und den angegebenen Beschwerden nur eine scheinbare war; also ein halbes Jahr nach dem Unfall ergab das Röntgenbild eine weitere Zunahme des Callus, dem nunmehr auch eine gewisse Belastung zuzutrauen ist, obschon in der seitlichen Aufnahme der Bruchspalt noch deutlich sichtbar und die Heilung noch nicht zum Abschluß gekommen ist. Der Kranke klagt auch immer noch über Schmerzen bei stärkerer Beanspruchung des Beines.

Es handelte sich in diesem Falle um eine komplizierte Zertrümmerungsfractur, die obwohl sie ohne Infektion verlief, allein durch die offene Verbindung des Bruchbereichs mit der Außenwelt eine Störung der Konsolidation im Sinne einer Scheinheilung zeigte.

F a l l 4.

24 jährige Frau erlitt am 9. 10. 35 eine isolierte Fractur der Tibia mit kleiner Durchspießung an der Seite; die Fibula war nicht gebrochen. Nach 14 Tagen war die Wunde glatt verheilt und die Patientin mit Gipsverband in ambulante Behandlung entlassen worden. 14 Tage nach der Entlassung zeigte sich nach Abnahme des Verbandes eine diffuse Pyodermie, deren Verlauf sehr langwierig war. Nach 5 Monaten wurde der Bruch klinisch fest. Das Röntgenbild zeigte aber keine sichtbare Callusbildung an der Fracturstelle. Auch nach weiteren 8 Wochen war nur ganz geringe Callusbildung erfolgt. Der Festigkeit des Callus

konnte auf Grund der mangelnden Bälkchenanordnung noch nicht getraut werden; der Bruchspalt war noch deutlich sichtbar. 8 Wochen später konnte auch im Röntgenbild die schon lange vor dieser Zeit eingetretene klinische Heilung bestätigt werden. Die Kranke machte also eine Scheinheilung von insgesamt 4 Monaten durch.

Obwohl das Wundgebiet frei von bakterieller Infektion geblieben war, dürfte auch in diesem Falle der Umstand, daß es sich um eine komplizierte Fractur handelte, zu einer Störung der Callusbildung geführt haben. Nahe liegt auch die Vermutung, daß die ausgedehnte und langwierige Pyodermie in der unmittelbaren Nachbarschaft des Wundgebietes zu einer Störung des Wundchemismus und damit zu einer verzögerten Konsolidation geführt hat.

Fall 5.

48 jähriger Patient erlitt am 9. 11. 37 eine Querfractur der Tibia am Übergang zwischen oberen und mittleren Drittel und eine Fibulafractur im oberen Drittel. Eine äußere Verletzung, die keinen Zusammenhang mit der Fractur zeigte, wurde genäht und heilte per primam intentionem. Am 15. 3. 38 wurde der Bruch klinisch fest. Im Röntgenbild aber war der Tibiafracturspalt nur auf der lateralen Seite von periostalen Callus überbrückt, aber auch hier war die Callusbildung an der Innenseite der Corticalis nur mangelhaft. Der Markcallus fehlte völlig. Am 4. 5. 38 fand eine Nachuntersuchung statt. Die Bruchstelle war nach wie vor klinisch fest, aber immer noch druckschmerzhaft. Der Tibiafracturspalt war $\frac{2}{3}$ in 1 cm Breite noch deutlich sichtbar. Nur im lateralen Drittel hatte eine gute Verknöcherung stattgefunden, während auf der medialen Seite sich nur am unteren Fragment eine Konsole ausgebildet hatte, von der das obere Fragment getragen wurde. Nach dem röntgenologischen Bild vom 9. 6. 38 war der Bruchspalt in der beschriebenen Weise immer noch deutlich sichtbar. Es schien nunmehr auch auf der medialen Seite sich eine Periostcallusbrücke zu bilden. Die Markcallusbildung war aber immer noch sehr gering. Es war nicht zu einer knochenfesten Verbindung, sondern zu einer Scheinheilung gekommen, deren Dauer und Schicksal sich aber

in Anbetracht der kurzen Zeit, die die letzte Nachuntersuchung zurückliegt, nicht übersehen läßt.

Es scheint sich hier um einen jener Fälle zu handeln, bei denen es, wie Böhler annimmt, wegen der mangelhaften Ernährung des Periosts auf der medialen Seite infolge geringer Weichteilumkleidung, nur auf der lateralen Seite zu einer Callusentwicklung kommt.

Fall 6.

34 jähriger Mann erlitt am 24. 5. 34 einen Schrägbruch der Tibia an der Grenze zwischen mittlerem und unterem Drittel und einen Stückbruch des Wadenbeins. Der Bruch mußte operativ gestellt werden, da er eine starke Neigung zum Abrutschen zeigte. Die Heilungsdauer erlitt durch den operativen Eingriff eine starke Verzögerung; Nach 10 Monaten erst wurde der Bruch klinisch fest. Während dieser Zeit erhielt der Patient einen Schienenhülsenapparat, den er aber nur sehr wenig benutzte, da er ihm lästig war. Das Röntgenbild vom 18. 3. 35 zeigte reichliche periostale Callusbildung, der von den gelenknahen Teilen sich gegen den Fracturspalt vorschob. Er ließ in den fracturfernen Teilen auch schon guten Kalksalzgehalt und Anordnung in Bälkchen erkennen. In Fracturnähe wies der Callus eine wabige Struktur und nur mäßige Calcification auf. Der Fracturspalt selbst war noch nicht überbrückt und in einer Breite von $\frac{1}{2}$ cm in seiner ganzen Ausdehnung noch erkennbar. An der Fibula waren die Bruchspalten teilweise überbrückt, teilweise aber noch deutlich sichtbar. Erst am 5. 2. 37 ergab die Nachuntersuchung, daß nunmehr der Bruchspalt völlig knöchern überbrückt war.

Der Kranke machte also eine Scheinheilung von über 2 Jahren durch und nachdem er angibt, ziemlich viel ohne Apparat gelaufen zu sein, darf man wohl annehmen, daß die scheinbare Heilung schon vor dem 18. 3. 35 lag und niemand dürfte sich wundern, wenn ein äußerer Anlaß wieder zu einer Fractur geführt hätte. Sicher ist aber, daß die unzumutbare Belastung der Bruchstelle zu einem Zeitpunkt, da sie noch nicht knochenfest verheilt war, sich nachteilig ausgewirkt hatte; es hatte sich zwar in der Umgebung luxrierende Callus ausgebildet, die Bruchstelle selbst aber wurde nicht überbrückt.

F a l l 7.

Eine 49jährige Patientin erlitt am 30. 7. 35 einen Biegungsbruch beider Unterschenkelknochen mit Aussprengung eines langen Stückes aus der Corticalis in Schaftmitte. Es bestand die Gefahr der Durchspießung des unteren Fragmentes. Trotz Drahtextention und percutaner Nagelung konnte eine genaue Reposition und ausreichende Fixation der Fragmente nicht erreicht werden. Eine Röntgenaufnahme vom 2. 9. 35 zeigte eindeutig das Bild der verzögerten Konsolidation und erneute Dislokation der Bruchstücke. Es lag daher der Verdacht auf eine Interposition von Weichteilen nahe, der auch durch die operative Freilegung der Bruchstelle bestätigt wurde. Die Zwischenlagerung wurde beseitigt und beide Bruchenden durch eine Drahtnaht verbunden. Erst nachdem diese Komplikation durch den operativen Eingriff behoben war, konnte damit gerechnet werden, daß die knöcherne Wiedervereinigung der Fragmente erfolgen würde. Die Nachuntersuchung im Dezember 35 ergab, daß der Bruch zwar nunmehr klinisch fest geworden war, aber im Röntgenbild zeigte sich nur eine ganz geringe Zunahme der Callusbildung und noch keine knöcherne Konsolidation. Die Patientin bekam einen Zinkleimverband und eine Unterschenkelgipshülse. Sie wurde aufgefordert, allmählich zu belasten.

Erst im Mai 36 war die Bruchheilung mit vollem Erfolg beendet.

Die Scheinheilung erstreckte sich also über ein halbes Jahr. Sie erklärte sich teils aus der Zwischenlagerung von Weichteilen, die der normalen Entwicklung des jungen Callus von Anfang an ein Hindernis boten, teils durch den die Callusbildung hemmenden operativen Eingriff unter Verwendung von Fremdkörpermateri al.

F a l l 8.

25jährige Patientin erlitt am 20. 5. 32 eine Querfractur der Tibia an der Grenze zwischen mittlerem und unterem Drittel mit Aussprengung eines dreieckigen Fragmentes. Die Fibula war in Mittelhöhe gebrochen. Beide Brüche zeigten eine Verschiebung um Schaftbreite nach vorne. Der Bruch wurde zunächst extendiert und ein Gipsverband angelegt. Aber erst

nach 4 Wochen konnte durch Kugeldrahtosteosynthese eine einwandfreie Stellung der Bruchende erzielt werden, nachdem die vorangegangenen Maßnahmen nicht den erwünschten Erfolg gebracht hatten. Nach 12 Wochen wurde der Bruch klinisch fest. Im Röntgenbild zeigte sich aber nur ganz geringe Callusbildung an der lateralen Seite der Tibia. Auf der medialen Seite war die Bruchlinie noch völlig durchgehend. Auch in den folgenden Monaten zeigte sich keine weitere Zunahme der Callusbildung, trotzdem erschien der Bruch immer noch klinisch fest. Eine Röntgenaufnahme vom 1. 12. 32 zeigte das Bild einer beginnenden Pseudarthrose. Die Markhöhle begann sich abzuschließen und der Fracturspalt trat deutlich als Lichtung hervor. Um die Neubildung von Knochen anzuregen, wurde eine Refracturierung vorgenommen. Infolge der relativen Festigkeit der Fractur gelang es jedoch nicht, die Fracturenenden genügend zu mobilisieren. Es mußte daher eine operative Freilegung der Fractur vorgenommen werden, bei der eine aseptische Fragmentnekrose entfernt wurde. Eine Röntgenkontrolle vom 3. 2. 33 zeigte nunmehr eine zunehmende Callusbildung. Der neugebildete Knochen war aber noch amorph und nur wenig kalkhaltig. Der Bruchspalt war immer noch als deutliche Trennungslinie zwischen beiden Bruchenden sichtbar. 7 Wochen später am 18. 3. wurde völlige Heilung festgestellt, während es sich vordem nur um Scheinheilung gehandelt hatte, die über $\frac{1}{2}$ Jahr gedauert hatte.

Die Verzögerung der Konsolidation erklärt sich in diesem Falle vor allem aus der ungünstigen Lokalisation und Art des Bruches, abgesehen von den Störungen der Callusbildung durch die Schwierigkeit der Reposition durch die aseptische Fragmentnekrose und nicht zuletzt durch die operative Freilegung der Bruchstelle.

Zum Schlusse sollen noch 2 Fälle geschildert werden, bei denen es im Stadium der Scheinheilung zu einer Refractur kam.

Fall 9.

21 jähriger Mann erlitt durch einen Autounfall am 10. 1. 36 neben einer Gehirnerschütterung einen Querbruch des rechten Unterschenkels etwas oberhalb der Mitte mit sehr starker Verschiebung der Bruchstücke. Das Bein mußte erst in Draht-

extention gelegt werden und der Bruch selbst zur Sicherung der erreichten Aufeinanderstellung der Fragmente am 21. 1. 36 subcutan mit einer Drahtschlinge fixiert werden. Die Heilung verlief störungslos; es war jedoch auffallend, daß die Knochenneubildung verhältnismäßig spät und im geringen Maße einsetzte. Am 20. 2. 36 erschien der Bruch jedoch klinisch bereits als vollkommen fest. Im Gegensatz dazu zeigte das Röntgenbild auf der dorsoventralen Aufnahme nur geringen aber gut strukturierten periostalen Callus auf der lateralen Seite der Tibia, während auf der medialen Seite der Bruchspalt noch weit klafft und jegliche Callusbildung fehlte. Wegen der Verzögerung der Konsolidation wurde eine sofortige Entfernung der Drahtnaht vorgenommen. Als der Bruch schon klinisch vollkommen fest war, traten ohne nennenswerten Unfall erneute abnorme Beweglichkeit und Schmerzen an der alten Bruchstelle auf. Das Röntgenbild zeigte eine erneute Fractur mit beträchtlicher Winkelstellung der Bruchstücke nach vorne. Das Stadium der Scheinheilung bis zur erneuten Fractur dauerte in diesem Falle also nur etwa 6 Wochen, aber wie ein Röntgenbild vom 1. 7. 36, 13 Wochen nach der Callusfractur zeigte, war der Bruchspalt immer noch als helle Linie, die bis in den Callus hineinreichte, sichtbar. Die Callusbildung auf der medialen Seite hatte zwar zugenommen, aber es war noch immer nicht zu einer vollkommenen Überbrückung gekommen. Klinisch erschien der Bruch zu diesem Zeitpunkt schon wieder als vollkommen fest. Der Patient klagte aber immer noch über Schmerzen beim Gehen und Stehen an der Bruchstelle, die ihm die Wiederaufnahme der Arbeit unmöglich machte. Erst am 23. 12. 37 erschien der Bruchspalt vollkommen knöchern überbrückt. Der Patient gab aber immer noch leichte Schmerzen an der Bruchstelle an.

Die Erklärung für die verzögerte Konsolidation durfte wie bei Fall 5 und 8 auch hier in der ungenügenden Ernährung des Periosts an ungünstiger Stelle des Unterschenkels liegen.

Fall 10.

41 jähriger Mann erlitt am 15. 5. 37 eine Zertrümmerungsfractur der Tibia etwa handbreit oberhalb des oberen Sprunggelenkes und eine Fibulafractur kurz unterhalb des Köpfchens, ohne nennenswerte Dislokation und Verkürzung. Nach 14-tägi-

ger Behandlungsdauer wurde der Patient nach Anlegung eines Gipsverbandes nach Hause entlassen. Beim Gipswechsel am 22. 7. 37 erweist sich der Bruch klinisch als vollkommen fest. Im Röntgenbild war aber zwischen den einzelnen Fracturlinien fast kein sichtbarer Callus zu erkennen. Da der Bruch noch nicht knochenfest verheilt war, sollte der Patient nochmals einen Zinkleimverband mit Gipsschiene erhalten. Nach Anlegung des Zinkleimverbandes entfernte sich der Patient aber trotz ausdrücklicher Ermahnung aus der Klinik, ohne daß die Gipsschiene angelegt werden konnte. Am 24. 10. 37 brach der Patient das Bein an der gleichen Stelle wieder; es war von neuem abnorme Beweglichkeit, Druck- und Stauchungsschmerz im unteren Drittel des Unterschenkel aufgetreten. Der Kranke machte also eine Scheinheilung von 3 Monaten bis zu dem neuerlichen Unfall durch. Nach diesem Ereignis setzte nunmehr eine erneute und verstärkte Callusbildung ein, die nach weiteren 3 Monaten zu einer guten knöchernen Konsolidation der Fractur führte.

Von den ursächlichen Momenten, die für die Entstehung der Scheinheilung dieser Fractur in Frage kommen, ist vor allem die ungünstige Beschaffenheit derselben und die vorzeitige unzumutbare Belastung hervorzuheben. Sicher ist, daß die Refractur des Unterschenkels einen erneuten Reiz für die Callusbildung gesetzt hatte und somit für die Heilung des Bruches sich nur günstig ausgewirkt hat.

Statistik

Der vorliegende Bericht stützt sich auf 116 Fälle von Unterschenkelfracturen aus den 5 Jahren von 1933—37. Einbezogen sind sämtliche Schaftbrüche des Schienbeins. Ausgeschlossen sind die isolierten Brüche eines oder beider Tibiaknochen, isolierte Wadenbeinbrüche, sowie die Luxationsfracturen des oberen Sprunggelenkes.

Die 116 Fälle verteilen sich wie folgt:

Unterschenkelbrüche	84, davon subcutan 48, offen 36,
isolierte Tibiafracturen	12, davon subcutan 11, offen 1,
kindliche und subperiostale	
Fracturen der Tibia und des	
Unterschenkels	20, davon subcutan 19, offen 1.
	116 78 38.

Da 2 mal ein Bruch beider Unterschenkel vorlag, waren nur 114 Personen betroffen und zwar 84 Männer und 28 Frauen.

Berechnet man die Altersverteilung unserer Patienten, so ergibt sich, daß die Frequenzkurve vom 1.—3. Dezenium steil ansteigt, um dann, abgesehen von einer kleinen Schwankung im 5. Lebensjahrzehnt wieder langsam abzusinken. Von Interesse ist, daß im 3. Dezenium entsprechende Gefährdung durch das Berufsleben, die Zahl der offenen Fracturen überwiegt.

Von unseren 114 Patienten sind 5 (4,3 %) im Anschluß an ihren Unterschenkelbruch ad exitum gekommen. In einem der Fälle mußte wegen drohender Allgemeininfektion eine ablatio cruris vorgenommen werden. Diese Fälle scheiden also für unsere Betrachtung von vornherein aus.

Die Fracturen der Erwachsenen und Kinder zeigen nach dem Fracturtyp geordnet folgende Verteilung:

		Splitter			prim. gest. u.		Summe
		Quer	Schräg	Torsion	Trümmer	Stück amputiert	
Unter-	subc.	17	16	3	7	3	48
	offen	12	6	1	14	1	36
isolierte	subc.	6	2	2	—	1	11
Tibia	offen	—	1	—	—	—	1
kindliche	subc.	6	2	9	2	—	19
Fract.	offen	—	1	—	—	—	1
zusammen		41	28	15	23	5	116

Nach dem Bruchstz geordnet zeigt sich folgende Frequenz: Das obere Drittel ist in 14 % der Fälle betroffen, das mittlere Drittel in 28 %. An der Grenze zwischen mittlerem und unterem Drittel liegen 23,7 % der Brüche, im unterem Drittel selbst 34,3 %.

Wir haben Unterschenkelbrüche, isolierte Tibiafracturen und die kindlichen und subperiostalen Brüche voneinander getrennt, weil sie den leichten Unterschenkelbrüchen ähnlich sind, Heilungsdauer und Endresultat daher günstiger sind als beim Durchschnitt der gesamten Unterschenkelbrüche.

Errechnet man für unsere Unterschenkelbrüche die durchschnittliche Heilungsdauer, so ergibt sich folgendes Bild:

Subcutane Unterschenkelfracturen	12 Wochen.
Subcutane isolierte Tibiafracturen	11 „
Subcutane kindliche Unterschenkelfracturen	7 „
Halboperativ behandelte Unterschenkelfracturen	14 „
Operativ behandelte Unterschenkelfracturen	23 „
Offene Unterschenkelfracturen ohne Infektion	24 „
Offene Unterschenkelfracturen mit Infektion	38 „

Verzögerte Konsolidation wurde in 11 Fällen beobachtet; davon:

- 3 infolge von Nebenverletzungen,
- 2 infolge intercurrenter Erkrankungen,
- 1 infolge Schwangerschaft,
- 1 infolge Lactation,
- 4 aus unbekannten Gründen.

In einem Fall kam es bei eigener Behandlung zur Entstehung einer Pseudarthrose (0,9%). Von 6 weiteren Pseudarthrosen aus fremder Behandlung wurden 3 geheilt.

Die Entstehung einer Scheinheilung wurde in 10 Fällen beobachtet, das sind 8,7% aller in Behandlung gekommenen Unterschenkelfracturen. Beinahe jeder 12. Unterschenkelbruch wurde nach klinischer Beobachtung früher fest, als nach dem röntgenologischen Bild. Bei den Fällen von Scheinheilungen finden wir folgende Verteilung:

Unterschenkelbrüche	9, davon subcutan 6, offen 3,
isolierter Tibiafracturen	1, davon subcutan —, offen 1.

Von den 10 Fracturen, in deren Heilungsverlauf eine Scheinheilung beobachtet wurde, waren 4 primär offen, 3 wurden operativ freigelegt; die restlichen 3 heilten subcutan. Es ist be-

kannt und in der Arbeit wiederholt betont worden, daß die offene Verbindung der Fractur mit der Außenwelt und in noch stärkerem Maße die operative Freilegung der Bruchstelle besonders unter Verwendung von Fremdkörpern, regelmäßig eine Störung der normalen Konsolidation hervorruft. Daß die Scheinheilung gerade am häufigsten bei primär und sekundär offenen Fracturen aufgetreten ist, ist eine Bestätigung dieser Regel.

In 7 Fällen waren Männer, in 3 Fällen Frauen betroffen. Dieses Verhältnis entspricht offenbar der allgemeinen Verteilung der Unterschenkelfracturen hinsichtlich des Geschlechtes.

Über die Altersverteilung gibt folgende Tabelle Aufschluß:

20—30 Jahre	.	.	.	.	3,
30—40 Jahre	.	.	.	.	4,
40—50 Jahre	.	.	.	.	3.

Scheinheilung wurde vor allem zwischen den 20. und 50. Lebensjahr beobachtet. Im Alter des Knochenwachstums ist die Regenerationskraft des Knochens so stark, daß es kaum zu einer derartigen Störung der Bruchheilung kommt. Auffallend ist die relative Häufigkeit von Scheinheilung zwischen dem 30. und 40. Lebensjahr. Von 14 Unterschenkelfracturen in diesem Alter weisen 4 eine Scheinheilung auf, d. i. annähernd ein Drittel. Im höheren Alter jenseits des 50. Lebensjahres wurde keine Scheinheilung beobachtet. Am häufigsten scheint also das mittlere Mannesalter betroffen zu sein.

Geordnet nach dem Fracturtyp zeigen die Scheinheilungen in 5 Fällen Querbrüche, in 4 Zertrümmerungsfacturen und ein Schrägbruch. Hinsichtlich des Bruchsitzes ergab sich, daß 5 mal das mittlere und in weiteren 5 Fällen die Grenze zwischen mittlerem und unterem Drittel betroffen war.

Hieraus ist ersichtlich, daß für das Schicksal einer Fractur Bruchart und Bruchort von größter Bedeutung sind. Am häufigsten wurde als Bruchform bei der Scheinheilung der Querbruch beobachtet; Querbrüche heilen schon normalerweise langsamer als Schrägbrüche, weil hier offenbar die callusbildende Berührungszone weniger ausgedehnt ist. An zweiter Stelle stehen hinsichtlich der Häufigkeit der Scheinheilung die Zer-

trümmerungsfracturen, bei denen eine besonders hohe Anforderung an die callusbildenden Schichten gestellt wird, teils weil es gilt, zahlreiche Knochendefekte zu überbrücken, teils weil sie durch die Schwere des Traumas an und für sich schon geschädigt sind. Dies trifft besonders für das Periost zu, das bei schweren Zertrümmerungen von seiner ernährenden Umgebung losgelöst wird.

Der Umstand, daß als ausschließlichen Bruchort die Scheinheilung die Unterschenkeldiaphyse bevorzugt, ist ein Hinweis auf die Tatsache, daß ein Schaftbruch schlechtere Heilungstendenz zeigt, als ein Bruch der spongiosareichen Metaphyse.

Die Behandlung der Scheinheilung

Wir sind zwar noch weit entfernt von einer befriedigenden Erklärung der eigentlichen Ursachen der Scheinheilung. Auch haben wir es nur wenig in der Hand, die Kraft der Callusbildung zu fördern. Trotzdem erscheint es gerade bei den Unterschenkel-fracturen mit ihrer bekannt geringen Neigung zur raschen und sicheren Konsolidation wichtig, an Hand dessen, was man von den callusfördernden und callusstörenden Faktoren weiß, die natürlichen und auch ärztlichen Störungen der Callusbildung zu verhüten oder zu mildern.

Prophylaktisch können wir durch eine möglichst exakte Reposition den Bruchspalt verkleinern. Je exakter die Reposition, desto größer ist die Aussicht, daß es auch bei quantitativ geringer Callusbildung zu einer knöchernen Verbindung der Bruchenden kommt, desto kleiner sind aber auch die Aufgaben, die an die Statik des neugebildeten Knochens gestellt werden. Rein mechanisch kann durch gute Reposition, Hochlagerung usw. der Blutumlauf im arteriellen und venösen Strom und damit der Stoffwechsel und die Assimilationsvorgänge wesentlich gebessert werden. Auch freie Sonne und Luft sind dem örtlichen Stoffwechsel durchaus dienlich. Dagegen dürfte die Überfütterung mit Vitaminen ohne die besondere Indikation des Vitamindefizits lediglich den Wert eines Versuches haben. Ähnlich ist es mit den Hormonen. Eigentlich ist experimentell so gut wie nichts

herausgekommen und klinisch sind die Erfolge umstritten. Der Versuch, die Fractur eines gesunden Menschen mit gesundem Stoffwechsel durch Kalkgaben beeinflussen zu wollen, ist ebenso zum Mißerfolg verurteilt, wie die Vitaminbehandlung.

Aus dem am Anfang der Arbeit hervorgehobenen histologischen Unterschied zwischen subcutaner und operativer Fracturheilung ergibt sich ganz eindeutig, daß eine konservative, subcutane Knochenbruchbehandlung so weit wie möglich zu bevorzugen ist. Als Methode der Wahl ist der Gipsverband anzusehen. Er ist bis zur Sicherung knöcherner Konsolidation zu belassen. Beweisend für die vollständige knöcherne Konsolidation ist, das sei auch hier noch einmal betont, einzig und allein das Röntgenbild, niemals das klinische Bild allein. Der Callus ist dann als tragfähig anzusehen, wenn er nicht mehr als diffuser, amorpher Schatten erscheint, sondern röntgenologisch Bälkchenstruktur zeigt und zwar müssen die Bälkchen strebenartig in einem für die Belastung günstigem Sinn angeordnet sein. Die Fractur darf klinisch nicht mehr federn und stärkere Biegungs- und Stauchungsbelastung dürfen keine Schmerzen mehr verursachen. Wird der Gipsverband zu früh entfernt, so können die Patienten, die im Gips stundenlang beschwerdefrei gehen konnten, nur mehr schwer oder mit Hilfe von Stöcken gehen; der Fuß schwillt stark an und in vielen Fällen verbiegt sich noch nach Monaten das Bein. Die Biegungsbeanspruchung des Callus führt zu feinen Callusfracturen und bietet so eine Grundlage für die Pseudarthrosenbildung. Diese unangenehmen nachträglichen Veränderungen scheinbar längst geheilter Knochenbrüche, bei denen der Heilungsvorgang in Wirklichkeit aber noch gar nicht vollendet ist, sondern eine Scheinheilung besteht, legen die Forderung einer dauernden Überwachung der Verletzten nahe. Dazu braucht man ihre Diagnose und diese kann sich nur aus systematisch durchgeführten Röntgenkontrollen ergeben. Gute Erfolge sieht man auch bei der Behandlung mit Gehgipsen. Der Patient muß jeden Tag eine bestimmte Zeit mit dem Verband herumgehen. Es soll aber beim Gebrauch des Unterschenkels besonders darauf gesehen werden, daß die Belastung nur in der Längsachse erfolgt. Jede Beugung oder Verschiebung der Frag-

mente, die wieder Gefäße zerreißen könnten, muß ängstlich vermieden werden. Der intermittierende Druck auf die Bruchflächen regt erfahrungsgemäß die Callusbildung an. Dieses Festgehen der Fractur, wie es auch genannt wird, ist ein gutes konservatives Verfahren zur Behandlung der Scheinheilung.

Daneben erfordert aber die Scheinheilung in manchen Fällen auch ein aktives Vorgehen des Chirurgen zur raschen Behebung der mit ihr verbundenen Gefahren. Dies gilt vor allem, wenn im Verlauf einer Scheinheilung die Entstehung einer Pseudarthrose droht.

Das Wesen jeder Scheinheilung ist, daß der vom Trauma ausgelöste regenerative Reiz zwar imstande ist, Callusgewebe zu bilden, aber bedingt durch eine Reihe von Störungen, die allein oder in wechselartiger Summierung zur Auswirkung kommen, ist die callusbildende Kraft so herabgesetzt, daß es nur sehr langsam oder überhaupt nicht oder erst nach Jahren zu einer Umwandlung des die Bruchenden verbindenden unspezifischen Gewebes in echtes Knochengewebe kommt. Erlischt der regenerative callusbildende Reiz vollkommen, so geht dieses unspezifische Gewebe in knöchernes Narbengewebe über. Es entsteht die echte Pseudarthrose.

Die therapeutische Frage geht demnach dahin, haben wir Mittel, den Wiederherstellungsreiz, der im Abklingen begriffen ist, wiederanzufachen.

G o e t z e empfiehlt als einfaches und wirksames Mittel die Refracturierung. Das Glied wird über dem Polsterkeil solange geknickt und gewaltsam gebrochen, bis es in allen Richtungen um 30° beweglich ist, und dann wird es eingegipst. Dadurch werden das zwischengelagerte unspezifische Bindungsgewebe zerrissen und die Verbindungswege von Fragment zu Fragment eröffnet. Die Refracturierung reißt im Fracturbereich kleine, günstig verteilte Knochentrümmer heraus und setzt so einen neuen callusbildenden Reiz. Sie bietet dabei den Vorteil, daß die Bruchstücke nicht eröffnet werden und somit die Gefahr der Infektion vermieden wird.

Ein eingreifenderes Verfahren, von dem aber gute Erfolge berichtet werden, ist die Bohrung nach B e c k. Der Grundgedanke ist dabei, bei möglichst geringer Wundfläche ein möglichst

großes, mit Knochenmarkfett durchsetztes Hämatom an der Bruchstelle zu schaffen, ferner durch sehr viele Bohrkanäle bei größter Schonung des Periosts die Markhöhle zu eröffnen. Der Nachteil dieser Methode ist die Gefahr der Infektion, die zwar gering, aber immerhin vorhanden ist.

Als Mittel der Wahl ist unter den aktiven Maßnahmen zur Behandlung der Scheinheilung in erster Linie die Refracturierung anzusehen. Selbstverständlich soll sie die anderen operativen Methoden nicht verdrängen. Sie behalten nach wie vor ihren bestimmten Indikationsbereich. Als unumgänglich erscheint die operative Freilegung bei der Interposition größerer Weichteilmassen. Wichtig ist dabei aber die Beschränkung des Eingriffes auf das Notwendigste; kleinste Freilegung, äußerste Schonung des Periosts, des periostalen Callus und des periostalen Blutgefäßsystems; keine oder möglichst kleine Fremdkörper; nur versenkbare und durch kleine Eingriffe wieder entfernbare Fremdkörper.

Zusammenfassung

Der Begriff der Scheinheilung wird nach K ö n i g als äußerst langsam vor sich gehender Prozeß bei der Knochenbruchheilung definiert, die unter Umständen trotz klinischer Heilung überhaupt nicht zu einer anatomisch vollwertigen Wiederherstellung führt. Röntgenologisch bleibt der Bruchspalt infolge Zwischenlagerung für die Belastung und Festigkeit minderwertiger Gewebe noch lange Zeit trotz klinischer Heilung sichtbar.

Es folgt eine Darstellung der Vorgänge bei der normalen Knochenregeneration. Es ergibt sich, daß ein Bruch histologisch dann als geheilt anzusehen ist, wenn beide Bruchenden durch echten Knochen überbrückt sind, der durch Metaplasie aus dem Fibroplastenkeimgewebe und dem chondroiden und osteoiden provisorischen Callus entsteht. Klinisch repräsentiert sich dieser Vorgang durch Schwinden der abnormen Beweglichkeit und volle Beanspruchbarkeit auf Zug, Druck und Biegung. Im Röntgenbild erweist sich der Callus dann als belastungsfähig, wenn

er eine deutlich erkennbare Struktur erhalten hat, welche gemäß der Funktion der fracturierten Stelle gebaut ist. Ausschlaggebend für die völlige knöcherne Heilung einer Fractur ist praktisch einzig und allein das Röntgenbild.

Von den für die Scheinheilung äthiologischen Momenten werden neben der Interposition von Weichteilen vor allem die Schädigung des Periosts und die Störungen der Bruchhyperämie erörtert. Daneben werden als begünstigende Momente mangelnde Gefäßversorgung im unteren Drittel des Unterschenkels und die ungenügende und unzweckmäßige Fixation erachtet.

Unter 116 Unterschenkelfracturen wurden 10 Fälle von Scheinheilungen beobachtet, das sind 8,7 $\frac{0}{0}$, 6 mal handelte es sich um offene Fracturen, 4 mal um primär geschlossene; 3 mal wurde eine operative Freilegung der Fragmente vorgenommen. Bevorzugte Brucharten sind die Quer- und Zertrümmerungsfracturen; bevorzugter Bruchort das mittlere Drittel und die Grenze zwischen mittlerem und unterem Drittel des Schienbeinschaftes.

In den Fällen, in denen die Ruhigstellung im Gipsverband und die Belastungsbehandlung nicht zum Ziele führen, wird die Refracturierung nach G o e t z e empfohlen. In 2. Linie kommt die B e c k 'sche Bohrung in Betracht.

Literatur

Bauer: Fractur u. Luxation.

Beck: Zur Behandlung der verzögerten Konsolidation bei Unterschenkelbrüchen. Beitrag zur klin. Chir. 1931, Bd. 153, Heft 1—2.

Ferstel: Ergebnisse der Refracturierung bei Pseudarthrosen. Archiv f. klin. Chir. 1929.

Goetze: Richtlinien zur Indikation beim Knochenbruch. Zbl. f. Chir. 1934.

— Aufbau und Abbau bei der Fracturheilung als Wegweiser für die Therapieform.

— Pseudoarthrosenbehandlung. Zbl. f. Chir. 56. 1929.

Goetze u. Brackertz: Die histiologischen Unterschiede der subcutanen u. operativen Fracturheilung. Archiv f. klin. Chir. 178.

Häbler: Das Röntgenbild des Knochencallus u. seine Belastungsfähigkeit. Chirurg 4, Heft 19, 1932.

König, Fritz: Über Scheinheilung als Ursache von Spätschädigung bei Knochenbrüche. Zbl. f. Chir. 1934.

— Unterschenkelfracturen und ihre Behandlung. Deutsch. Med. Wochenschrift 1912.

— Über Abbau am gebrochenen Knochen, sein Wesen und seine Bedeutung. Archiv f. klin. Chir. 146, 624 (1927).

— Zur Verhütung örtlich bedingter Pseudarthrosen. Ein Ergebnis der rationellen Osteosynthese. Archiv f. klin. Chir. 162 (1930).

Matti: Die Knochenbrüche und ihre Behandlung, Bd. I u. II.

v. Schlotheim: Über Callusbildung auf Grund systematischer Röntgenaufnahmen bei heilenden Knochenbrüchen. Deutsche Zeitschrift f. Chir. 144, 289, 1918.

Strauß u. Wandel: Über Rezidivfracturen. Deutsche Zeitschrift f. Chir. Bd. 238.

Wachtel: Über die diagnostische u. therapeutische Bedeutung der feineren Details der Fracturbilder. München. med. Wochenschrift. 1915.

Lebenslauf.

Am 23. Oktober 1913 wurde ich als Sohn des im Jahre 1915
gefallenen Arztes Dr. med. Friedrich Pauli und seiner Ehefrau
Johanna geb. Dunkacke zu Nürnberg geboren.

Nach Besuch der Volksschule zu Nürnberg kam ich auf das
Melanchthon-Gymnasium ebenda, wo ich im Jahre 1933 ab-
solvierte.

Im Sommersemester 1933 begann ich auf der Universität
Erlangen das Medizinstudium. Nach 6-semesterigem Studium legte
ich dort im Juni 1936 das Physikum ab.

Meine klinische Ausbildung erhielt ich ebenfalls an der
Universität Erlangen, wo ich am 11. Mai 1939 das medizinische
Staatsexamen bestand.

Herrn Dr. med. habil. Z s c h a u danke ich für die Anregung
zu dieser Arbeit, sowie für die Hilfe bei ihrer Durchführung.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich die vorliegende Arbeit
selbständig und ohne fremde Hilfe unter Benutzung der ange-
gebenen Literatur verfaßt habe.

R o l f P a u l i.

